

ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ ЗЕРНИСТОГО ПЕРЛИТА ПОСЛЕ ХОЛОДНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Зубкова Т.А.

Руководители – д.т.н., ст.н.с. Яковлева И.Л.,

проф., д.ф.-м.н. Карькина Л.Е.

ИФМ УрО РАН, г. Екатеринбург

tanjazubk@inbox.ru

В машиностроении часто используются изделия со структурой зернистого цементита, которая обеспечивает удовлетворительную обрабатываемость резанием и хорошую пластичность стали при холодной пластической деформации. Однако в настоящее время известно ограниченное количество исследований микроструктуры и ее эволюции в зависимости от степени деформации.

В работе с использованием метода просвечивающей электронной микроскопии исследовано изменение структурных составляющих зернистого перлита на образцах углеродистой эвтектоидной стали У8 после сфероидизирующего отжига и последующей деформации холодной прокаткой на 34, 47, 52, 67 %.

По результатам полученных исследований можно выделить две степени деформации зернистого перлита: 34...47 % - когда существенным образом не изменяется размер глобулярных карбидов, и 52...67 % - когда происходят изменения не только в ферритной матрице, но и в тонкой структуре глобулярных карбидов.

На начальных стадиях деформации в ферритной матрице формируется ячеистая структура с нечеткими границами ячеек, разориентировка между которыми составляет величину порядка 10...30° С ростом степени деформации (52...67 %) происходит фрагментация структуры, наблюдается также неравноосность зерен, обусловленная развитием текстуры прокатки, однако текстура выражена не так явно, как в однофазных материалах. В феррите формируются отдельные зерна с четкими большеугловыми границами, в которых часто прослеживается микрополосовая структура.

Глобулярный цементит более устойчив к деформации, чем ферритная матрица. Проведенный количественный анализ системы SIAMS Photolab показал, что размер крупных карбидов при всех степенях деформаций вплоть до 65 % сохраняется. При электронно-микроскопическом исследовании обнаруживается сложная дефектная структура цементита. На микрофотографиях внутри карбидных частиц появляются экстинкционные контуры, обусловленные накоплением

неоднородных напряжений на границе частицы и матрицы (рис. 1,а), наблюдается система межфазных дислокаций. Вместо правильной кристаллографической огранки карбидов межфазная граница становится ступенчатой, появляются канавки, свидетельствующие об уходе углерода с поверхности карбидов в ферритную матрицу (рис. 1,б).

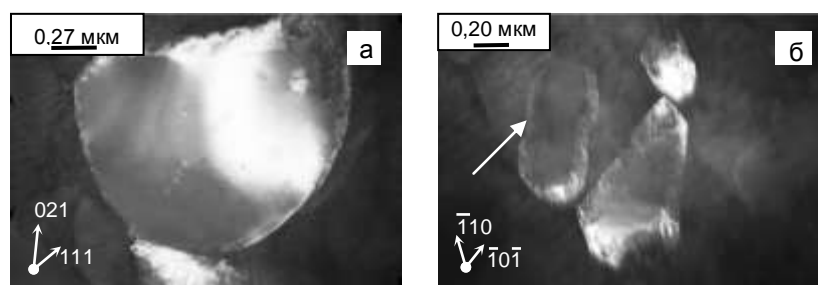


Рисунок 1. Изгибные контуры карбидных частиц, $\varepsilon = 34 \%$:

а – темнопольное изображение в рефлексе $g = 111_{\text{ц}}$;

б – темнопольное изображение в рефлексе $g = 101_{\text{ц}}$

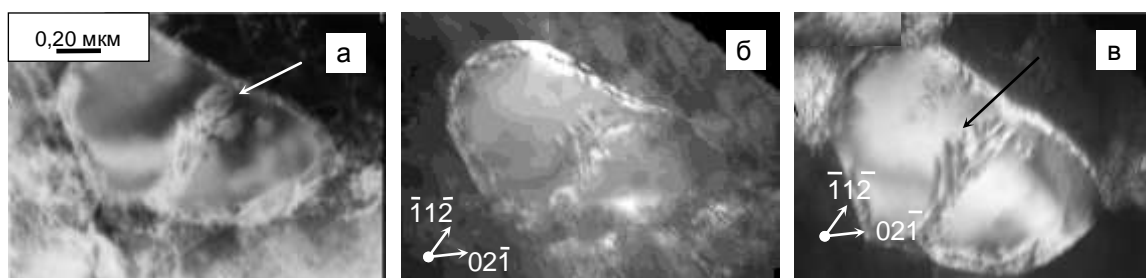


Рисунок 2. Начальная стадия дробления карбидных частиц, $\varepsilon = 47 \%$:

а – светлопольное изображение;

б – темнопольное изображение в рефлексе $g = 112_{\text{ц}}$;

в – темнопольное изображение в рефлексе $g = 021_{\text{ц}}$

В ряде случаев напряжения внутри карбидной частицы приводят к зарождению дислокаций, скользящих по плотноупакованной плоскости (001) и к образованию малоугловой границы (стрелка на рис. 2,а). Вблизи этой границы образуется ферритная прослойка, которая разделяет карбид на две части меньшего размера. Из областей карбидов вблизи ферритной прослойки углерод выносится в матрицу по планарным дефектам в цементите, аналогично тому, как было показано в работе [1]. Малоугловая граница испускает внутрь карбида планарные дефекты, подобные тем, которые наблюдались в пластинчатом перлите. Такие дефекты внутри карбидной частицы указаны стрелкой на темнопольном изображении в рефлексе $g = 021_{\text{ц}}$ (рис. 2,в). Можно предположить, что как малоугловая

граница, так и планарные дефекты – это неоднородности, по которым происходит свободный вынос углерода в твердый раствор.

Углерод, выделившийся в процессе частичного растворения карбидов при деформации, коагулирует в виде мелкодисперсных карбидов расположенных на дефектах в феррите или на межфазной границе феррит-цементит. На темнопольном изображении в карбидном рефлексе $g = 021_{\text{ц}}$ видно, что их ориентация не совпадает с ориентировкой крупного карбида (рис. 3,а). При низких степенях деформации мы наблюдаем только начальные стадии этого процесса. Размер мелкодисперсных глобулярных карбидов составляет величину $\sim 0,02$ мкм.

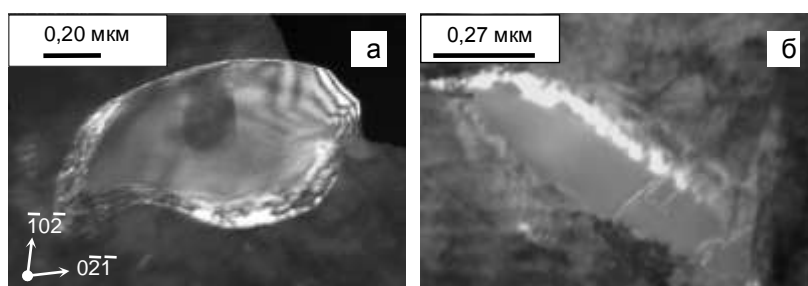


Рисунок 3. Мелкодисперсные карбиды на межфазной границе, $\varepsilon = 34, 47$ %:
а – темнопольное изображение в рефлексе $g = 021_{\text{ц}}$;
б – темнопольное изображение в рефлексе $g = 111_{\text{ц}}$

При средних степенях деформаций, выход углерода из карбидов может приводить к потере их устойчивости, в результате чего происходит образование ферритного зерна в цементите, ориентация которого отличается от окружающих его ферритных областей. Выходящий из карбидных частиц углерод частично растворяется в матрице и снова выделяется в виде новых мелкодисперсных карбидов на дефектах (дислокациях, границах фрагментов в феррите и бывших межфазных границах) (рис. 4).

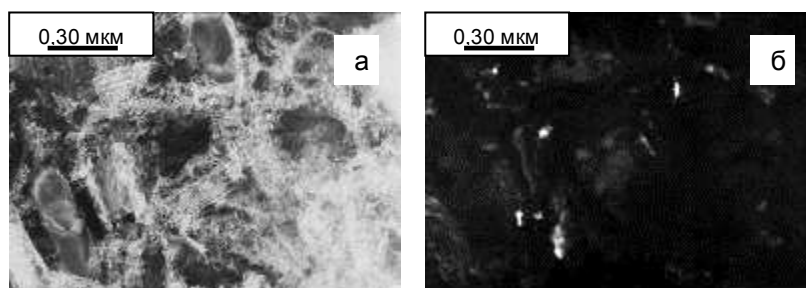


Рисунок 4. Карбиды при $\varepsilon = 52, 65$ %:
а – светлопольное изображение;
б – темнопольное изображение в карбидном рефлексе

Выводы:

Установлено, что в пределах деформаций структура зернистого перлита является устойчивой вплоть до степеней порядка 50 %.

Показано, что при степенях деформации выше 50 % происходит разбиение карбидных частиц на блоки и последующее их растворение.

Используемые литературные источники:

1. И.Л. Яковлева, Л.Е. Карькина, Ю.В. Хлебникова, В.М. Счастливцев, Д.А. Мирзаев, Т.И. Табатчикова. Фазовые и структурные превращения в сталях: Сб. научн. тр., вып.2 / Под ред. Урцева - Магнитогорск, 2002.-452с.